

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Канд. техн. наук И. И. ПАВЛЕНКО

(Статья представлена доцентом Кировоградского института сельскохозяйственного машиностроения, к. т. н. В. М. Пестуновым)

Рассмотрен структурный метод анализа кинематики промышленных роботов с различным количеством рук, захватов и способов соединения их между собой.

Промышленные роботы обладают высокой кинематической подвижностью исполнительных органов (механических рук с захватами), что позволяет им осуществлять сложные пространственные перемещения деталей, их ориентирование и другие операционные движения. Общая оценка кинематики роботов осуществляется по числу степеней свободы движения, их виду и кинематической последовательности. Ряд других интегральных оценок (маневренность, угол сервиса) можно получить на основе метода объемов [1].

Значительное количество степеней свободы движения роботов приводит к большому многообразию возможных вариантов кинематических схем. Так, уже при 3—6 степенях свободы движения общее количество теоретически возможных вариантов кинематических схем достигает нескольких сотен. Несмотря на то, что некоторые, теоретически различные варианты конструктивно являются аналогичными, а часть их не представляет практического интереса, определение оптимальной кинематической схемы робота — довольно сложная задача.

Для удобства анализа и правильности выбора кинематики роботов целесообразно все степени свободы движения разделить на отдельные кинематические группы [2]. Это позволит уменьшить количество степеней свободы движения рассматриваемых групп и тем самым более обоснованно определять кинематику каждой группы, а следовательно, и робота в целом. За основу указанного деления принято различие степеней свободы по функциональному назначению и конструктивной принадлежности к определенному исполнительному звену робота. По таким признакам в работе выделяют три основные группы: кинематику основания, кинематику руки и кинематику кисти.

Кинематическую структуру промышленных роботов с одной рукой и одной кистью (захватом) можно представить следующей формулой:

$$P = P_0 + P_p + P_k,$$

где P — общее количество степеней свободы движения робота; P_0 , P_p , P_k — количество степеней свободы движения кинематики основания, руки и кисти. Наиболее распространенные кинематические схемы таких роботов [2, 3] приведены на рис. 1.

В последнее время ведутся интенсивные работы по созданию многоруких и многозахватных конструкций роботов. Кинематическую структуру многоруких роботов, у которых каждая из рук имеет неза-

симую кинематику движения (т. е. между руками нет жесткой связи), можно представить так:

$$P = P_0 + \begin{cases} P_{p1} + P_{k1} \\ P_{p2} + P_{k2} \\ \dots \\ P_{pn} + P_{kn} \end{cases}$$

где $P_{p1}, \dots, P_{pn}; P_{k1}, \dots, P_{kn}$ — число степеней свободы движения каждой из рук и кистей робота.

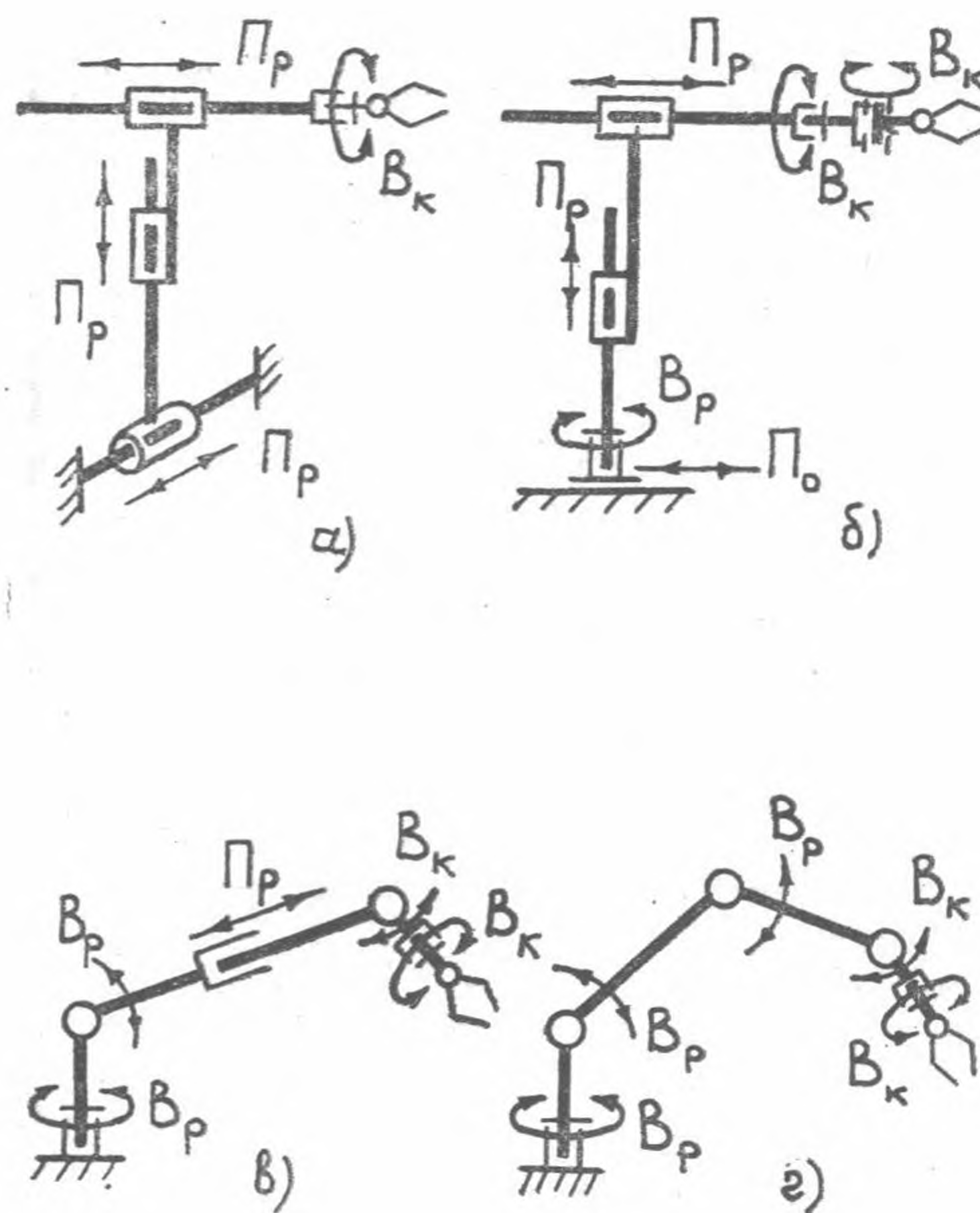


Рис. 1. $P_0, B_0, P_p, B_p, P_k, B_k$ — поступательные (P) или вращательные (B) движения соответственно кинематики основания, руки и кисти робота

Структуру роботов с кинематически связанными руками можно записать так:

$$P = P_0 + \begin{cases} P_c + \begin{cases} P_{p1} + P_{k1} \\ P_{p2} + P_{k2} \\ \dots \\ P_{pn} + P_{kn} \end{cases} \end{cases}$$

где P_c — число степеней свободы движения общих для кинематически связанных рук.

Примеры кинематических схем двуруких роботов с указанием видов движения и их принадлежности к определенному исполнительному звену показаны на рис. 2, а, б.

Все выше рассмотренные структуры приведены для роботов, у которых каждая из рук имеет один захват и, следовательно, одну кисть. Вместе с тем в практике уже сейчас получили распространение

промышленные роботы, у которых рука имеет два захвата и больше. Многозахватные конструкции роботов (рис. 2, в) имеют возможность с помощью одной руки одновременно обслуживать несколько позиций. В таких конструкциях захваты 2 с кистью не меняют своего положения относительно руки 1. Кинематическая структура этих роботов имеет вид

$$P = P_0 + \begin{cases} P_{p1} + \begin{cases} P_{к11} \\ P_{к12} \end{cases} \\ P_{p2} + \begin{cases} P_{к21} \\ P_{к22} \end{cases} \end{cases}$$

Первая цифра при количестве степеней свободы кинематики кисти указывает на порядковый номер руки робота, а вторая — на порядковый номер кисти для данной руки.

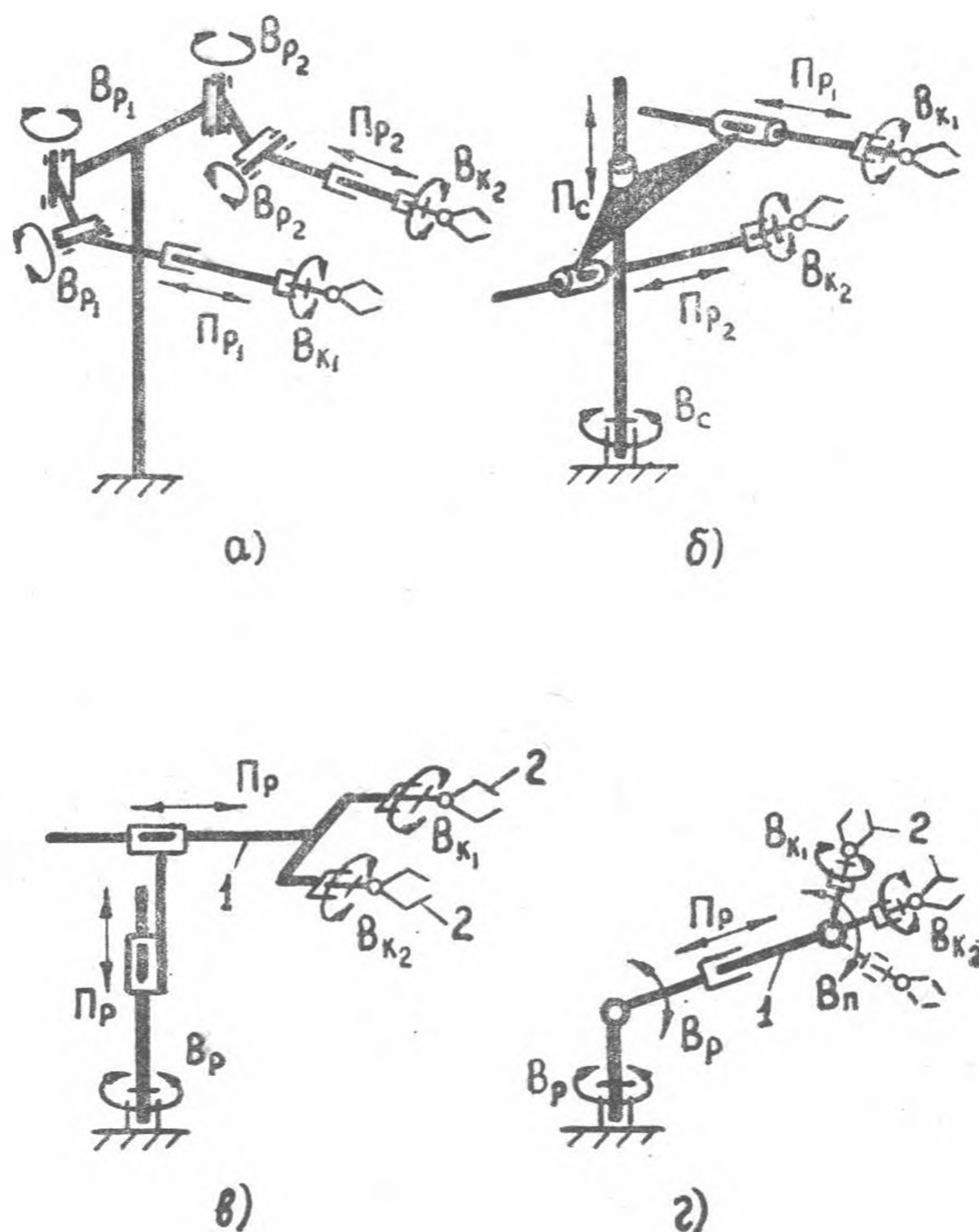


Рис. 2

Широкое распространение многозахватные конструкции роботов получили при выполнении разгрузочно-загрузочных и других подобных операций, когда один из захватов используется для съема с рабочей позиции обработанной детали, а второй — для установки заготовки в ту же позицию. При выполнении таких операций захваты 2 (рис. 2, г) с помощью дополнительных движений B , меняют свое положение относительно руки 1 робота. В большинстве случаев для изменения положения захватов достаточно одной степени свободы движения. Конструктивно это движение обычно располагается между кинематикой руки и кинематикой кисти. Следовательно, структуру дву-

рукого робота, в котором одна из рук имеет два меняющих свое положение захвата, можно представить так:

$$P = P_0 + \begin{matrix} P_{p1} + P_p + \\ P_{p2} + P_{k2} \end{matrix} \begin{matrix} / P_{k11} \\ P_{k12} \end{matrix}$$

где P_0 — число степеней свободы, изменяющих положение захватов с кистью относительно руки робота.

Для лучшей наглядности представления кинематики промышленных роботов в структурной формуле вместо численных значений количества степеней свободы движения каждой группы необходимо указывать вид этих движений. Так, кинематику робота (рис. 1, б) со структурой $6 = 1_0 + 3_p + 2$, можно представить как $6 = 1_0 + (ВПП)_p + (ВВ)$.

Таким образом, предложенный структурный метод позволяет удобно анализировать и наглядно представлять кинематику роботов любой сложности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов И. Б. и др., Особенности кинематики манипуляторов и метод объемов, сб. «Механика машин», вып. 27—28, изд-во «Наука», М., 1971.
2. Камышный Н. И., Павленко И. И., Кинематика промышленных роботов, «Вестник машиностроения», 1975, № 1.
3. Кобринский А. Е. и др., Автоматические манипуляторы с программным управлением (промышленные роботы), Состояние, перспективы, проблемы, «Станки и инструмент», 1974, № 11

Статья поступила 1 декабря 1976 г.

621.831

ПЛОСКОСТНОЙ СПОСОБ ОТОБРАЖЕНИЯ ЦИЛИНДРОИДА БОЛЛА

Канд. техн. наук, доц., Г. Н. КИРСАНОВ

(Статья представлена профессором Московского станко-инструментального института, д. т. н. Л. В. Коростелевым)

На основе анализа двучленной группы винтов предлагается плоскостной аналог для цилиндроида Болла, играющего важную роль в теории винтового производящего колеса. Введенное усовершенствование в его построение на плоскости позволяет расширить область его применения на самые различные случаи сложения и разложения в общем винтовых движений. Получены простые графические и аналитические способы решения задач на сложение движений.

При образовании сопряженных поверхностей, проектировании технологических процессов и инструментальной оснастки для них часто возникают задачи, связанные с разложением и сложением движений [1—4]. При графическом решении их определенное удобство дает диаграмма винта, впервые предложенная П. Кормаком [5] и более глубоко разработанная А. Ф. Николаевым [6]. Однако эта геометрическая интерпретация пространственной картины сложения движений